

## 音刺激により生じる感性反応情報の計測

村上 弘幸\*

### 要 約

「外部刺激により深く感動したときや強い印象を受けたとき、大きな強さの $\delta$ 波が現れる」との仮説を立て、被験者が音の刺激を受けているときの脳波測定結果からこの仮説の検証を行った。実験では、男女各4人の学生が4種類の音楽を聞いているとき、また21人の女子学生が4種類の音を聴いているときの脳波測定を、感性解析装置 ESA-16を用いて行った。この測定データのスペクトルパワーより、 $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波帯域の含有率と各電極位置における脳波の強さを求めた。また、各データ測定後に行ったアンケート調査結果についての分析結果が、実験の各項目についての脳波測定結果を裏付けるか否かの検討を行った。

### 1. はじめに

これまで脳波に関しては多くの研究がなされてきているが<sup>1)</sup>、表1には $\beta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\theta$ 波、 $\delta$ 波帯域における活動源の階層分類<sup>2)</sup>及び一般に提唱されている活動状態の階層分類を示している。表1の「\*1」は、Javanovによる意識レベルの活動源の枠組みで、 $\theta$ 波は「心的意識」、 $\delta$ 波は「高レベルの意識」、準 $\delta$ 波は「集約的意識」を表すとの提唱を示している<sup>2)</sup>。また、Javanovは低周波数の波は高レベルの統合すなわち情報の統合を表すとの仮説を立てている<sup>2)</sup>。また表1中の「\*2」は、Rayが美的認識状態と同様に子供のはしゃいだ状態では、低周波数の波( $\theta$ 波特に $\delta$ 波)の増加が見られるとの報告に基づいている<sup>3)</sup>。

我々は、特に低周波数の波に着目し、「外部刺激により深く感動したときや強い印象を受けたとき大きな強さの $\delta$ 波が現れる」との仮説を立て、被験者が音の刺激を受けているときの感性解析装置 ESA-16<sup>4)</sup>を用いた脳波計測データのスペクトルパワーより、 $\delta$ 波(1/4~5 Hz)、 $\theta$ 波(5~8 Hz)、 $\alpha$ 波(8~13 Hz)、 $\beta$ 波(13~20 Hz)帯域の含有率と各波帯域の波の強さを求めて、仮説の検証を行う。また、各データ測定後に行ったアンケート調査結果についての分析結果が、実験の各項目についての脳波測定結果を裏付けるか否かの検討を行う。

振幅  $A$ 、振動数  $\nu$  の波が速さ  $v$  で密度  $\rho$  の物質中を伝播するときの波の強さ  $I$  は、次式で示される。

\*大妻女子大学 社会情報学部

表1 活動源と活動状態の階層分類

Frequency band	Possible sources of activity	状 態
Beta	Specialized regions	緊張状態, 知的活動や情緒的活動状態
Alpha	Physical consciousness	リラックス状態, 精神的安定状態, 瞑想状態
Theta	Mental consciousness * 1	精神的作業に注意を集中しているとき
Delta	High level of consciousness * 1	睡眠中, 無意識状態, 美的認識状態や子供のはしゃいだ状態 * 2
sub-Delta	Collective consciousness * 1	

$$I = 2\pi^2 v^2 A^2 \rho v$$

ここで、速さ $v$ と密度 $\rho$ を一定とすると波の強さ $I$ は $v^2 A^2$ に比例する。ここでは波の強さとして脳波各波帯域での $v^2 A^2$ の最大値を波の強さとして求める。

## 2. 実験方法

被験者に、国際10-20電極法に基づいて、10個の円盤電極を頭皮上のFP1, FP2, F3, F4, T3, T4, P3, P4, O1, O2の位置に装着（基準電極は片方の耳たぶに、グラウンド電極は額に）し、外部から音の刺激を受けたとき各電極位置で受ける脳波信号を10ミリ秒ごとに脳波用デジタル増幅器で増幅して数値に変換し、感性解析装置ESA-16に取り込む。

被験者は閉眼・安静状態で脳波測定を受けた。また各実験項目についてのデータ測定後、20項目にわたるアンケート調査を行った。

### 2.1 実験1

被験者：21歳から23歳の男女各4名の大学生  
実験項目：(a)ボーイソプラノ「イギリスの緑の草原」, Anthony Way, 2'23"

(b)サポーターによる応援歌「アイダ！決めてくれ！」, 3'00"

(c)懐メロ「どんなときも」, 槇原敬之, 1'50"

実験結果

表2には、ボーイソプラノ、サポーターによる応援歌、懐メロについての $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波の含有率と各電極位置での波の強さ（ $v^2 A^2$ の最大値）を示す。含有率は各電極位置での含有率の平均値を示している。

ボーイソプラノに対するアンケート調査結果の主な成分は「悲しくなる」, 「感動する」, 「すがすがしい」であり、サポーターによる応援歌については「鳥肌が立つ」, 「感動する」, 「リラックスする」であり、懐メロについては「ほれほれする」, 「すがすがしい」, 「ほっとする」であった<sup>5)</sup>。

### 2.2 実験2

被験者：21～22歳の女子学生21人

実験項目(a)J-POP「もらい泣き」一青 窈, 30"

(b)ロック「VIBE ON」Three Michelle Gun Elephant, 30"

(c)小鳥のさえずり（小鳥のさえずりとカッコウの鳴き声が聞こえる）, 30"

(d)小川のせせらぎ（水が石にぶつかってさらさらと流れる音が聞こえる）, 30"

実験結果

表3には、J-POP、ロック、小鳥のさえずり、小川のせせらぎについての $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波の含有率と各電極位置での波の強さ（ $v^2 A^2$ の最大値）を示す。含有率は各電極位置での含有率の平均値を示し、また各電極位置での波の強さは被験者についての平均値を示している。

表4には、アンケート調査結果のSD法による

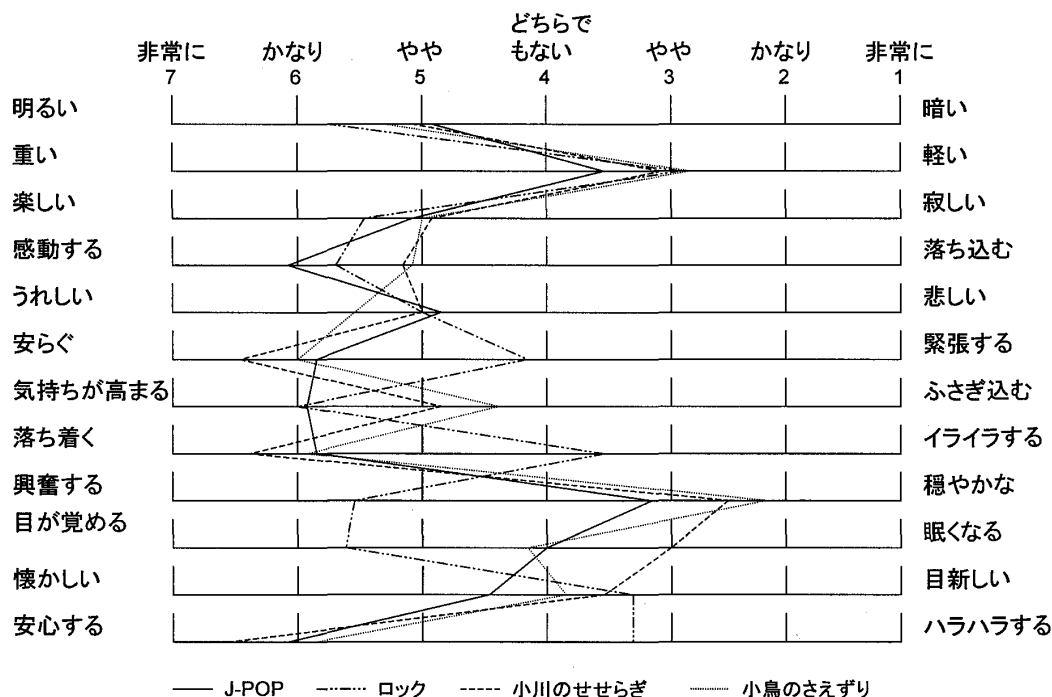
表2 各波帯域の波の含有率と波の強さ

		含有率 (%)			波の強さ (各波帯域での最大値)					
		FP 1		FP 2	F 3	F 4	T 3	T 4	O 1	O 2
ボーイ ソプラノ (女子)	$\delta$ 波	18.0	60.1	46.5	2.8	29.2	81.4	$1.51 \times 10^2$	$1.05 \times 10^2$	$2.13 \times 10^2$
	$\theta$ 波	14.7	$6.62 \times 10^2$	$2.68 \times 10^2$	49.3	$2.08 \times 10^2$	$4.53 \times 10^2$	$2.65 \times 10^3$	$1.11 \times 10^2$	$5.99 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	61.9	$5.69 \times 10^3$	$5.69 \times 10^3$	$2.92 \times 10^2$	$1.01 \times 10^4$	$9.02 \times 10^4$	$8.10 \times 10^4$	$1.97 \times 10^2$	$1.58 \times 10^4$
	$\beta$ 波	7.4	15.8	15.8	3.80	15.8	99.1	99.1	35.6	35.6
ボーイ ソプラノ (男子)	$\delta$ 波	25.0	$1.69 \times 10^2$	$1.32 \times 10^2$	13.5	5.2	2.2	3.1	1.5	1.4
	$\theta$ 波	9.1	4.4	8.2	24.1	18.7	18.6	6.2	9.7	11.6
	$\alpha$ 波	53.6	$5.61 \times 10^3$	$3.98 \times 10^3$	$1.84 \times 10^4$	$1.24 \times 10^4$	$1.54 \times 10^3$	$3.40 \times 10^3$	$6.44 \times 10^3$	$4.13 \times 10^3$
	$\beta$ 波	12.3	7.9	7.9	35.6	35.6	15.8	7.9	15.8	15.8
応援歌 (女子)	$\delta$ 波	38.2	$3.98 \times 10^2$	$3.54 \times 10^2$	38.4	55.4	10.8	13.4	11.7	4.2
	$\theta$ 波	21.6	47.2	38.9	18.8	38.4	$1.87 \times 10^2$	78.8	$2.51 \times 10^2$	$1.07 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	31.4	20.4	14.0	85.4	81.4	$6.28 \times 10^2$	$3.72 \times 10^3$	$5.63 \times 10^2$	$5.63 \times 10^2$
	$\beta$ 波	8.8	9.7	15.8	15.8	15.8	35.6	35.6	15.8	15.8
応援歌 (男子)	$\delta$ 波	31.2	$3.50 \times 10^3$	$1.52 \times 10^3$	60.8	46.9	0.4	3.4	0.2	2.6
	$\theta$ 波	8.7	26.1	5.9	8.1	12.5	2.4	12.9	0.6	18.7
	$\alpha$ 波	46.4	$4.00 \times 10^3$	$5.90 \times 10^3$	$5.56 \times 10^3$	$6.26 \times 10^3$	$2.87 \times 10^2$	$1.47 \times 10^4$	87.6	$4.14 \times 10^4$
	$\beta$ 波	13.7	15.8	15.8	15.8	7.9	7.9	15.8	3.9	15.8
懐メロ (女子)	$\delta$ 波	14.2	16.1	2.6	17.3	24.2	23.1	92.3	49.7	86.7
	$\theta$ 波	8.6	35.3	38.4	$2.56 \times 10^2$	77.4	$2.82 \times 10^2$	$3.68 \times 10^2$	$8.76 \times 10^2$	$3.10 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	52.4	$2.21 \times 10^3$	$3.50 \times 10^3$	$5.84 \times 10^3$	$1.15 \times 10^4$	$3.66 \times 10^4$	$3.38 \times 10^4$	$1.17 \times 10^5$	$7.99 \times 10^4$
	$\beta$ 波	4.8	4.1	4.1	15.8	15.8	15.8	4.1	35.6	15.8
懐メロ (男子)	$\delta$ 波	24.8	14.4	8.3	4.8	8.4	4.7	2.1	2.1	1.6
	$\theta$ 波	7.1	5.5	5.5	19.7	18.7	5.5	9.7	5.2	13.7
	$\alpha$ 波	53.4	$2.63 \times 10^3$	$2.22 \times 10^3$	$6.27 \times 10^3$	$5.14 \times 10^3$	$7.70 \times 10^3$	$1.41 \times 10^4$	$1.01 \times 10^3$	$4.44 \times 10^3$
	$\beta$ 波	14.7	4.1	15.8	15.8	4.1	35.6	35.6	35.6	35.6

表3 各波帯域での波の含有率と波の強さ

		含有率 (%)			波の強さ (各波帯域での最大値)					
		FP 1		FP 2	F 3	F 4	T 3	T 4	O 1	O 2
J-POP	$\delta$ 波	21.1	$2.29 \times 10^3$	$2.12 \times 10^3$	$4.58 \times 10^2$	$2.33 \times 10^2$	$1.01 \times 10^2$	55.7	30.5	54.4
	$\theta$ 波	13.5	$1.01 \times 10^3$	$9.81 \times 10^2$	$1.11 \times 10^2$	$1.10 \times 10^2$	88.3	$1.20 \times 10^2$	58.9	$1.23 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	57.6	$2.80 \times 10^3$	$2.04 \times 10^3$	$1.83 \times 10^3$	$3.64 \times 10^3$	$7.65 \times 10^3$	$3.99 \times 10^4$	$1.48 \times 10^3$	$5.49 \times 10^4$
	$\beta$ 波	7.8	22.8	16.7	34.3	66.4	58.5	$1.02 \times 10^2$	36.3	49.6
ロック	$\delta$ 波	24.6	$5.17 \times 10^2$	$5.66 \times 10^2$	78.7	$1.09 \times 10^2$	19.5	54.4	15.3	24.1
	$\theta$ 波	13.3	$1.04 \times 10^2$	$1.33 \times 10^2$	81.1	66.4	$1.59 \times 10^2$	$1.72 \times 10^2$	$1.35 \times 10^2$	$1.59 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	57.6	$3.42 \times 10^3$	$3.16 \times 10^3$	$2.95 \times 10^3$	$5.09 \times 10^3$	$4.06 \times 10^4$	$2.94 \times 10^4$	$6.38 \times 10^3$	$3.96 \times 10^4$
	$\beta$ 波	4.5	32.9	13.6	30.8	17.1	$1.30 \times 10^2$	$1.02 \times 10^2$	55.8	40.0
小鳥の さえずり	$\delta$ 波	19.5	73.7	96.3	24.5	29.2	29.0	47.5	30.8	32.2
	$\theta$ 波	17.3	68.6	77.2	$1.19 \times 10^2$	$1.79 \times 10^2$	$3.22 \times 10^2$	$1.71 \times 10^2$	$1.64 \times 10^2$	$2.57 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	55.4	$4.88 \times 10^3$	$4.02 \times 10^3$	$4.32 \times 10^3$	$7.20 \times 10^3$	$3.89 \times 10^4$	$8.85 \times 10^4$	$2.63 \times 10^4$	$2.12 \times 10^4$
	$\beta$ 波	7.8	14.5	11.3	16.6	11.4	71.7	80.1	46.5	49.3
小川の せせらぎ	$\delta$ 波	23.5	68.1	62.0	59.2	63.9	24.1	69.6	34.7	60.3
	$\theta$ 波	17.3	70.6	75.3	$1.19 \times 10^2$	$1.32 \times 10^2$	96.6	$2.44 \times 10^2$	$1.94 \times 10^2$	$2.39 \times 10^2$
	$\alpha$ 波	52.4	$4.34 \times 10^3$	$4.21 \times 10^3$	$5.76 \times 10^3$	$4.71 \times 10^3$	$1.75 \times 10^4$	$4.89 \times 10^4$	$1.81 \times 10^4$	$4.02 \times 10^4$
	$\beta$ 波	6.8	30.3	24.6	27.2	33.4	81.8	$1.02 \times 10^2$	45.0	33.0

表4 SD法によるアンケート評価



評価結果を示す<sup>5)</sup>。

### 3. 考察

一般に  $\alpha$  波はリラックスしているときに現れ、 $\theta$  波は物事に集中しているときに現れるとされていることから、実験1と実験2について次のように考察する。

#### 3.1 実験1の考察

ボーイソプラノ（女子）：やや大きな強さの  $\delta$  波が側頭部と後頭部に、やや大きな強さの  $\theta$  波が頭部全体に、また大きな強さの  $\alpha$  波が頭部全体に見られた。これは、女子被験者はリラックスしながら集中してこの歌を聴き、かつ透き通った高いボーイソプラノの歌声に感動したことによるものと考えられる。

ボーイソプラノ（男子）：やや大きな強さの  $\delta$  波が前頭部に、大きな強さの  $\alpha$  波が頭部全体に見られた。これは、男子被験者はリラックスしながらこの歌を聴き、感動したことによるものと考えられる。

また、これらの結果は、アンケート調査の主な成分「悲しくなる」、「感動する」、「すがすがしい」により裏付けられる。

サポーターによる応援歌（女子）：やや大きな強さの  $\delta$  波が前頭部に、やや大きな強さの  $\theta$  波が側頭部と後頭部に、またやや大きな強さの  $\alpha$  波が側頭部と後頭部に見られた。これは、女子被験者はリラックスしながら集中して2002年ワールドカップ時の応援歌を聴き、感動したことによるものと考えられる。

サポーターによる応援歌（男子）：大きな強さの  $\delta$  波が前頭部に、また大きな強さの  $\alpha$  波が頭部全体に見られた。これは、男子被験者はリラックスしながら2002年ワールドカップ時の応援歌を聴き、深く感動したためと考えられる。

また、これらの結果は、アンケート調査の主な成分「鳥肌が立つ」、「感動する」、「リラックスする」により裏付けられる。

女子に比べて男子に大きな強さの  $\delta$  波が見られたのは、ワールドカップの試合のことを思い出して、男子は女子よりもより深く感動したためであると考えられる。

懐メロ（女子）：やや大きな強さの $\theta$ 波が側頭部から後頭部に、また大きな強さの $\alpha$ 波が頭部全体に見られた。これはこの歌をリラックスしながら集中して聴いていたことを示している。

懐メロ（男子）：大きな強さの $\alpha$ 波が頭部全体に見られた。これはこの歌をリラックスしながら聴いていたことを示している。

また、これらの結果は、アンケート調査の主な成分「ほれほれする」、「すがすがしい」、「ほっとする」により裏付けられる。

### 3.2 実験2の考察

J-POP：大きな強さ或いはやや大きな強さの $\delta$ 波が前頭部に、やや大きな強さの $\theta$ 波が頭部全体に、また大きな強さの $\alpha$ 波が頭部全体に見られた。これは、この歌をリラックスしながら集中して聴き、強く感動したためと考えられる。この結果は、アンケート調査に対するSD評価値5.5以上の「安らぐ」、「落ち着く」、「安心する」、「感動する」、「気持ちが高まる」により裏付けられる。

ロック：やや大きな強さの $\delta$ 波が前頭部に、やや大きな強さの $\theta$ 波が頭部全体に、また大きな強さの $\alpha$ 波が頭部全体に見られた。これは、この歌をリラックスしながら集中して聴き、強い印象を受けたためと考えられる。この結果は、SD評価値5.5以上の「明るい」、「楽しい」、「興奮する」、「目が覚める」、「感動する」、「気持ちが高まる」により裏付けられる。

小鳥のさえずり：やや大きな強さの $\theta$ 波が頭部全体に、また大きな強さの $\alpha$ 波が頭部全体に見られた。これは、この音をリラックスしながら集中して聴いたためと考えられる。この結果は、SD評価値5.5以上の「うれしい」、「安らぐ」、「落ち着く」、「安心する」および2.5以下の「穏やかな」により裏付けられる。

小川のせせらぎ：やや大きな強さの $\theta$ 波が頭部全体に、また大きな強さの $\alpha$ 波が頭部全体に見られた。これは、この音をリラックスしながら集中して聴いたためと考えられる。この結果は、SD評価値5.5以上の「安らぐ」、「落ち着く」、「安心する」および2.5以下の「穏やかな」により裏付け

られる。

実験1および実験2において、被験者が音の刺激を受けて深く感動したときや強い印象を受けたときには大きな強さの $\delta$ 波が観測され、それ以外の音の刺激に対しては大きな強さの $\delta$ 波は観測されないことから、「外部刺激により深く感動したときや強い印象を受けたとき、大きな強さの $\delta$ 波が現れる」との仮説は検証された。

### 4. まとめ

本研究では、実験1では男女各4人の学生被験者が4種類の音の刺激を受けているときの脳波測定を行い、実験2では21人の女子学生被験者が4種類の音の刺激を受けているときの脳波測定を行い、測定データから $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波の含有率と各電極位置における波の強さを求め、「外部刺激により深く感動したときや強い印象を受けたとき、大きな強さの $\delta$ 波が現れる」との仮説の検証を行った。その結果、この仮説が成り立つことを立証できた。また、実験1及び実験2において、各データ測定後に行ったアンケート調査結果についての分析結果が、実験の各項目についての脳波測定結果を裏付けるか否かの検討を行った。その結果、アンケート調査結果が脳波測定結果を裏付けることを示すことができた。

### 謝辞

本論文の作成にあたり、実験データ測定に際して協力を得た本学社会情報学部情報処理学専攻学生 相原知絵、赤石蓉子、及川ひとみ、大矢愛、栗原絵美、近藤陽子、志田めぐみ、嶋田雅子、鈴木恵梨子、鈴木由香里、松好友理、宮川真由子の各氏にお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 大熊輝雄 (1999)『臨床脳波学』第5版 医学書院
- 2) Javanov, E. (1977). On the Methodology of

- EEG Analysis During Altered States Of Consciousness. *Proceedings of the First Annual ECPD International Workshop on Scientific Bases of Consciousness*. Rakic. L et al. : European Center for Peace and Development (ECPD) of the United Nations University for Peace.
- 3) Ray, G.C. & Kaplan, A.Y. (1994). Transcendent Signal and its Possible Signature on Electroencephalogram. *Journal of the Institution of Engineers (India)*, Vol.74, March 1994, pp.22-31.
- 4) Musha, T., Kimura, S., Kaneko, K., Nishida, K & Sekine, K. (2000) "Emotion Spectrum Analysis Method (ESAM) for Monitoring the Effects of Art Therapy Applied on Demented Patients." *Cyber Psychology & Behavior*, 3, No.3, 441-446.
- 5) 村上弘幸, 勝又輝雄 (2004) "感覚刺激により生じる感性反応情報の計測" 第6回日本感性工学会大会予稿集2004p. 346.
-

## **The Measurement of Kansei Information Caused by Stimuli of Sound**

HIROYUKI MURAKAMI

*School of Social Information Studies, Otsuma Women's University*

### **Abstract**

In this experiment, we would like to give evidence to our hypothesis that strong delta band waves will be observed when participants are deeply moved or impressed by some external stimuli. The electroencephalogram (EEG) data of eight students (4 females and 4 males) and 21 female students were recorded into the Emotion Spectrum Analyzer ESA-16, while they listened to seven different kinds of sound stimuli. We examined our hypothesis with respect to the strength of four band waves: delta band (1/4~5Hz), theta band (5~8Hz), alpha band (8~13Hz) and beta band (13~20Hz) waves. We compared the result of our EEG data analysis with results of the written questionnaires, which were conducted after each measurement of EEG, and later evaluated by the semantic differential method. We found that the latter result supported the former as expected.

### **Key Words** (キーワード)

Kansei information (感性情報), Stimuli of sound (音による刺激), Measurement of electroencephalogram (脳波測定), Low frequency waves (低周波数の波), Strength of waves (波の強さ)